

PUB-NO: DE004243614A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4243614 A1

TITLE: Dynamic scavenging of a free-piston engine

PUBN-DATE: June 23, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
GSCHWEND, HANS	LI
GASSMANN, HORST-DETLEF	LI
HACHTEL, HANS	LI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HILTI AG	LI

APPL-NO: DE04243614

APPL-DATE: December 22, 1992

PRIORITY-DATA: DE04243614A (December 22, 1992)

INT-CL (IPC): F02B071/04, F02B063/02

EUR-CL (EPC): F02B071/04

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>A valve sleeve (6) surrounding the combustion cylinder (15) which can slide axially. In its closed position, it covers up a number of exhaust openings (38) in the cylinder wall above the lower dead centre of the piston (60). There is a spring (37) tending to maintain it in this position. There is a device (35, 36, 83, 88, 89) to slide the sleeve

during the combustion process so that the exhaust openings are kept open until the piston in its working stroke has past them and until the scavenging process initiated by the falling pressure in the chamber and consequent opening of the inlet valve (7) has finished.



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 42 43 614 A 1

51 Int. Cl.⁵:
F 02 B 71/04
F 02 B 63/02

21 Aktenzeichen: P 42 43 614.1
22 Anmeldetag: 22. 12. 92
43 Offenlegungstag: 23. 6. 94

DE 42 43 614 A 1

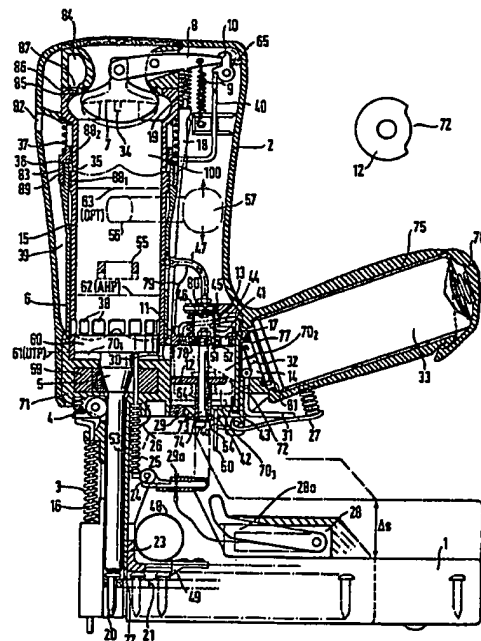
71 Anmelder:
Hilti AG, Schaan, LI

74 Vertreter:
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,
Dipl.-Ing., 81679 München; Steinmeister, H.,
Dipl.-Ing.; Wiebusch, M., 33617 Bielefeld; Urner, P.,
Dipl.-Phys. Ing.(grad.); Merkle, G., Dipl.-Ing. (FH),
Pat.-Anwälte, 81679 München

72 Erfinder:
Gschwend, Hans, Mauren, LI; Gassmann,
Horst-Detlef, Ruggell, LI; Hachtel, Hans, Schaan, LI

54 Vorrichtung zur dynamischen Spülung der Brennkammer eines Freikolbenmotors

57 Zur dynamischen Spülung eines Freikolbenmotors, wie er insbesondere in Setzgeräten verwendet wird, ist der Arbeitszylinder (15) durch eine entgegen der Wirkung einer Druckfeder (37) verschiebbliche Ventilhülse (6) umgeben, welche in der Normalstellung Abblasöffnungen (38) für Rauchgase oberhalb des unteren Totpunkts (61) eines Arbeitskolbens (60) überdeckt. Hat der Arbeitskolben (60) beim Rückschub, beispielsweise aufgrund eines Kompressionshubs, den oberen Totpunkt (63) erreicht, und ist das komprimierte Gas-Luftgemisch in der Brennkammer (100) gezündet worden, so wird der starke Druckanstieg über eine Verbindungsbohrung (35) in einen kleinen Ringraum (83) zwischen der Ventilhülse (6) und der Zylinderaußenwand übertragen, wodurch an einer Wirkungsfläche (36) eine Differenzdruckkraft entsteht, die die Ventilhülse (6) entgegen der Wirkung der Feder (37) nach oben verschiebt, so daß die Abblasöffnungen (38) freigegeben werden. Aufgrund des Arbeitshubs des Arbeitskolbens (60) sinkt der Druck in der Brennkammer (100) rasch ab, wodurch ein unter Federkraftvorlast stehendes Einlaßventil (7) öffnet. Der dadurch entstehende Saugwelleneffekt bewirkt eine gründliche und rasche Spülung der Brennkammer (100). Dieser Saugwelleneffekt wird noch verstärkt durch eine Injektionskammer (84), die ebenfalls durch das hohe Druckpotential bei Zündung des komprimierten Gas-Luftgemischs in der Brennkammer (100) geladen wird, und bei oder nach Öffnen des Einlaßventils (7) über eine enge ...



DE 42 43 614 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 94 408 025/808

9/34

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur dynamischen Spülung der Brennkammer eines Freikolbenmotors, wie er insbesondere in tragbaren, brennkraftbetrie-

5 brennenden Arbeitsgeräten, wie Setzgeräten für Befestigungselemente, eingesetzt wird.
Brennkraftbetriebene Setzgeräte mit Einzylinder-Freikolbenmotor sind in einer Reihe von Ausführungsformen bekannt; vgl. beispielsweise die Druckschriften US-A-4 759 318 und DE-A-40 32 202. Wie diese beiden Druckschriften verdeutlichen, wurden in den vergange-

10 nen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um einerseits die Setzenergie des Arbeitsgeräts durch Optimierung des Verbrennungsprozesses, aber auch durch Verbesserung der Spülung der Restgase zu erhöhen. Andererseits waren Entwicklungsanstrengungen darauf gerichtet, solche Geräte räumlich kompakter zu gestalten und deren Gewicht zu reduzieren. Bei dem in der genannten DE-A-Druckschrift beschriebenen Gerät

15 beispielsweise werden die Ab- bzw. Restgase aus der Brennkammer durch verschiebbare Wandabschnitte entfernt, durch Reduzieren des Brennkammervolumens auf Null oder annähernd Null. Obwohl der dadurch erreichbare Spülgrad für die Brennkammer vor der Einleitung des für den nächsten Arbeitshub des Kolbens erforderlichen Luft-/Brennstoffgemischs recht gut ist, erfordert die bekannte Lösung einen ziemlich hohen konstruktiv-mechanischen Aufwand.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Spülvorgang zur Beseitigung der Restgase aus der Brennkammer eines Freikolbenmotors, wie er insbesondere für Setzgeräte verwendet wird, zu verbessern mit einer technischen Lösung, die hohe Funktionssicherheit bei einfacher konstruktiver Gestaltung gewährleistet.

Eine Vorrichtung zur dynamischen Spülung der Hauptkammer eines Freikolbenmotors ist erfindungsgemäß gekennzeichnet durch eine den Brennkammerzylinder umgebende axial verschiebbliche Ventilhülse, die in einer Schließstellung wenigstens eine oberhalb des unteren Totpunkts des Arbeitskolbens vorhandene, die Zylinderwand durchsetzende Abblasöffnung für Rauchgase überdeckt, durch eine auf die Ventilhülse wirkende und diese in ihre Schließstellung drückende Kraftquelle sowie durch eine Einrichtung, welche die Ventilhülse im Verlauf eines Verbrennungsprozesses in der Brennkammer soweit verschiebt, daß die Abblasöffnung frei ist und diese Offenstellung der Ventilhülse mindestens so lange hält, bis der Arbeitskolben beim Arbeitshub die Abblasöffnung überfahren und aufgrund des in der Brennkammer entstandenen Druckabfalls ein Luft-Einlaßventil geöffnet hat und ein dadurch bewirkter Saugwellen-Spülvorgang für die Brennkammer abgeschlossen ist.

Als Kraftquelle, welche die Ventilhülse in die Schließstellung drückt, dient vor allem eine Druckfeder. Bei einer vorteilhaften Lösung wird die Ventilhülse durch den in der Brennkammer bei einem Arbeitshub entstehenden Druck verschoben. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß zwischen der Ventilhülse und der Brennkammerzylinderwand eine abgedichtete Ringkammer oder Teilringkammer vorgesehen ist, die über eine Verbindungsbohrung durch die Zylinderwand mit der Brennkammer in Verbindung steht, so daß der bei der Zündung des Gas-/Luftgemischs in der Brennkammer entstehende Druck in die Ringkammer (oder Teilringkammer) übertragen wird. Mindestens ein zur auf die Ventilhülse in deren Schließstellung wirkende Verschiebe-

kraftrichtung schräg oder quer liegender Flächenabschnitt der Ring- oder Teilringkammer ist vorzugsweise so bemessen, daß die aufgrund des Verbrennungsdrucks in der Ring- oder Teilringkammer aufgebaute Druckkraft die Ventilhülse entgegen der Kraftquelle, also insbesondere entgegen der Kraft der Druckfeder verschiebt. Diese als Differenzkraft-Flächenabschnitte bezeichneten Wandbereiche der Ring- oder Teilringkammer sowie die Verbindungsbohrung durch die Brennkammerzylinderwand sind vorteilhafterweise so bemessen, daß ein Abbau des Druckpotentials in der Ringkammer verzögert erfolgt, und zwar so verzögert, bis die durch die Druckfeder ausgeübte Verstellkraft die in der Ringkammer aufgebaute Druckkraft wieder übersteigt und die Ventilhülse erst dann in die Schließstellung verschiebt, wenn die Saugwellenspülung der Brennkammer abgeschlossen und ausreichend Frischluft für einen nachfolgenden Verbrennungsprozeß in die Brennkammer über das Lufteinlaßventil eingeströmt ist.

Die Bemessung der Differenzkraft-Flächenabschnitte bzw. der genannten Verbindungsbohrung wird beispielsweise so gewählt, daß die Ventilhülse für eine Dauer von 30—100 ms offen bleibt, d. h. eine Zeitspanne, die ausreicht, um eine weitgehend vollständige Ausspülung der Restgase aus der Brennkammer zu gewährleisten.

25 Sofern die Abblasöffnung(en) im unteren Totpunktbereich des Arbeitskolbens jedoch knapp oberhalb der Oberseite des im unteren Totpunkt stehenden Kolbens angeordnet sind, so läßt sich gleichzeitig erreichen, daß die aus einer Vorkammervverbrennung während eines Kompressionshubs resultierenden Rauchgase durch den Kolben während des Arbeitshubs über die Abblasöffnung(en) ausgestoßen werden, sobald aufgrund des Verbrennungsdrucks die Ventilhülse angehoben wurde.

Das Prinzip einer Vorkompression zur Steigerung des Wirkungsgrads über einen Verbrennungsprozeß in einer aus mehreren Teilkammern bestehenden Vorkammer ist Gegenstand einer weiteren Patentanmeldung mit gleichem Zeitrang.

Die Verbindungsbohrung zwischen der Brennkammer und der Ring- oder Teilringkammer zur Erzeugung einer Differenzdruckkraft zur Anhebung der Ventilhülse ist vorteilhafterweise oberhalb des oberen Totpunkts des Arbeitskolbens angeordnet, so daß bei Zündung des komprimierten Luft-/Brennstoffgemischs der Druckanstieg in der Ring- oder Teilringkammer über die Verbindungsbohrung sehr rasch erfolgt und die Verschiebung der Ventilhülse zur Freigabe der Abblasöffnung(en) fast schlagartig erfolgt, vorzugsweise noch bevor der eigentliche Arbeitshub des Kolbens begonnen hat.

Zur Verbesserung des dynamischen Spülvorgangs ist es weiterhin von Vorteil vorzugsweise im Bereich des Luft-Einlaßventils eine beispielsweise ringförmig ausgebildete Injektorkammer vorzusehen, die über eine oder mehrere kleine Bohrungen mit der Brennkammer in Verbindung steht derart, daß das bei der Zündung des Luft-/Brennstoffgemischs entstehende Druckpotential in die Injektorkammer übertragen wird. Diese Durchlaßbohrungen zwischen der Brennkammer und der Injektorkammer sind mit einem Rückschlagventil versehen, das schließt, sobald beim Arbeitshub der Druck in der Brennkammer kleiner wird als der zuvor aufgebaute Druck in der Injektorkammer. Durch dieses Rückschlagventil hindurch, das beispielsweise als Tellerventil ausgebildet ist, oder unabhängig von der oder den Durchgangsbohrungen, ist die Injektorkammer über eine oder mehrere düsenartige Injektionsbohrungen permanent mit dem Brennkammerraum verbunden.

Beim Arbeitshub des Kolbens entsteht nun auf dessen der Brennkammer zugewandten Rückseite ein Unterdruck, durch den wie oben erwähnt, einerseits die Saugwellen- Spülung über das Luft-Einlaßventil ausgelöst wird, andererseits aber der Spüleffekt erheblich verstärkt wird durch den Gasstrahl, der aus der Injektor-kammer über die düsenartige Injektionsbohrung in die Brennkammer einschießt. Durch diesen Injektionsstrahl wird zusätzliche Spülluft nach Art des Bunsenbrennerprinzips über das jetzt offene Luft-Einlaßventil mitgerissen. Es entsteht also ein den Spülgrad erheblich verbessernder dynamischer Spüleffekt.

Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Zeichnung beschrieben.

Die einzige Figur zeigt in schematischer Teilschnitt-darstellung ein durch einen Freikolben-Brennkraftmotor angetriebenes Setzgerät, das erfindungsgemäß mit einer Einrichtung für eine Saugwellenspülung, unterstützt durch eine dynamische Injektionsspülung ausgerüstet ist.

Das dargestellte Setzgerät wird hinsichtlich seiner einzelnen Teile und Baugruppen zur Erleichterung des Verständnisses zugleich in Stufen eines Funktionsablaufs beschrieben.

In der Ausgangsstellung sind ein Magazin 1 für Setzelemente 20, beispielsweise Nägel und das eigentliche gehäuseummantelte Setzgerät 2 durch eine Anpreßfeder 3 auseinandergeschoben. Eine exzentrisch gelagerte Rücklaufsperr 4 für einen Arbeitskolben, im folgenden als Kolben 60 bezeichnet, der starr mit einem die Setzelemente 20 eintreibenden Stößel 5 verbunden ist, ist gespannt. Der Stößel 5 und damit der Kolben 60 stehen in einer unteren Totpunktposition (UTP) 61. Eine Ventilhülse 6, die ein wesentliches Teil der Erfindung darstellt, wird durch eine Kraftquelle, insbesondere eine Druckfeder 37 in Schließstellung gehalten, in der sie Abblasöffnungen 38 für Rauchgase verdeckt. Die Kraftquelle kann auch elektromagnetisch realisiert sein. Die Ventilhülse 6 wird einerseits durch eine erste abgedichtete Führung 88₁ am Außenmantel eines Brennraumzylinders 15 geführt und andererseits durch einen Haltering 89 umgriffen, der seinerseits eine weitere abgedichtete Führung 88₂ am Außenmantel des Brennraumzylinders 55 besitzt. Der Haltering 89 ist starr mit dem oberen umlaufenden Rand der Ventilhülse 6 verbunden, beispielsweise durch Hartverlöten oder durch Schweißen oder durch eine abgedichtete Schraubverbindung. Zwischen einer horizontal verlaufenden Innenfläche des Halterings 89 und einer etwas vorspringenden Schulter am Brennraumzylindermantel oberhalb der abdichten den Führung 88₁ wird ein kleiner Ringraum 36 gebildet, der über eine Verbindungsbohrung 35 mit der Brennkammer 100 verbunden ist, und zwar oberhalb eines oberen Totpunkts (OTP) 63 des Kolbens 60. Die Ventilhülse 6 ist samt Haltering 89 in Vertikalrichtung gleitend verschiebbar. Die Druckfeder 37, welche wie erwähnt die Ventilhülse 6 in Schließstellung hält, wirkt — wie dargestellt — beispielsweise auf eine Außenschulter des Halterings 89. Ein Einlaßventil 7 wird über einen Hebelarm 8 durch eine Zugfeder 9 und eine Klinke 10 geschlossen gehalten.

Ein in einem Vorkammerzylinder 71 geführter Vorkammerkolben 11 und eine Zwischenplatte 12, die auf einer mit dem Vorkammerkolben 11 verbundenen Kolbenstange 74 geführt ist, befinden sich innerhalb des Vorkammerzylinders 71 in einer (strichliert eingezeich-

neten) zusammengeschobenen Position. Die Vorkammer ist in drei Teilkammern unterteilt, wobei die erste Teilkammer 70₁ durch den Raum unterhalb des Kolbens 60 innerhalb eines Hauptzylinders 15 gebildet ist, während die zweite Teilkammer 70₂ innerhalb des Vorkammerzylinders 71 durch das Volumen zwischen dem Vorkammerkolben 11 und der Zwischenplatte 12 gebildet ist und die dritte Teilkammer 70₃ das Restvolumen innerhalb des Vorkammerzylinders 71 unterhalb der Zwischenplatte 12 einnimmt.

Da in der Ausgangsstellung voraussetzungsgemäß der Vorkammerkolben 11 in der zusammengeschobenen Position steht, sei angenommen — was weiter unten näher erläutert wird — ein auf der Oberseite des Vorkammerkolbens 11 axial angeordneter und fixierter (Dosier-)Balg 13 sei etwa auf Umgebungsdruck aufgeblasen, d. h. mit Brenngas aus einer Gasdose 33 gefüllt. Die Gasdose 33 ist in ein mit dem Gehäuse des Arbeitsgeräts 2 integral verbundenes Handgriffgehäuse 75 eingesetzt, das am distalen Ende mit einer druckfederbelasteten Schließklappe 96 versehen ist, wodurch die Gasdose 33 gegen die abdichtende Umrandung 81 des Verdampfer-raums 14 gedrückt wird. Ein Speicher- und Verdampfer-raum 14 zwischen der Gasdose 33 und dem Vorkammerzylinder 71 ist in diesem Fall entleert. In der Brennkammer 100 befindet sich ein brennbares Gas-/Luftgemisch.

Ein Arbeitszyklus mit dem Setzgerät beginnt durch Anpressen des Geräts gegen den Untergrund, in welchen ein Setzelement eingetrieben werden soll. Durch diesen Anpreßvorgang wird über einen Betätigungsstift 16 als erstes die Rücklaufsperr 4 gelöst. Durch das Anpressen des Nagelmagazins 1 gegen das Setzgerät 2 werden gleichzeitig und parallel durch einen Mitnehmer 24 der Stößel 5 über einen Bolzen 25 und der Vorkammerkolben 11 über seine Kolbenstange 74 um den Anpreßhub Δs nach oben verschoben. Dieser Anpreßhub Δs kann je nach Gerätetyp und Größe im Bereich zwischen $\Delta s = 5$ bis 100 mm, vorzugsweise im Bereich von 15 bis 40 mm liegen. Dabei wird über eine Schulter 74a der Kolbenstange 74, welche die untere feststehende Stirnwand 73 des Vorkammerzylinders 71 durchsetzt, die durch einen Stift 50 drehgesicherte Zwischenplatte 12 auf halbem Wege mitgenommen und nach oben verschoben. Wie die Zeichnung erkennen läßt, ist der Verschiebeweg der Zwischenplatte 12 durch die Länge der mit einem unterseitigen Flansch versehene, auf der Kolbenstange 74 geführte Führungshülse 64 begrenzt.

Bei diesem Verschiebevorgang wird das im Balg 13 befindliche Brenngas über ein als drittes Ventil bezeichnetes Rückschlagventil 51 in den Brennraum der Vorkammer 70 mit ihren untereinander verbundenen drei Teilkammern 70₁, 70₂, 70₃ ausgestoßen und mit der durch eine Bohrung 17 im Vorkammerkolben 11 angesaugten Frischluft kontinuierlich vermischt. Die (Luft-einlaß-)Bohrung 17 ist ebenfalls mit einem Rückschlagventil in Form eines Federverschlusses 52 versehen.

Am Ende des Anpreßhubs des Nagelmagazins 1 befindet sich in den drei Teilkammern, gebildet aus der ersten Teilkammer 70₁ unterhalb des Kolbens 11, der zweiten Teilkammer 70₂ unterhalb des Vorkammerkolbens 11 bis zur Oberseite der Zwischenplatte 12 sowie der dritten Teilkammer 70₃ unterhalb der Zwischenplatte 12 bis zur feststehenden Stirnwand 73, ein brennbares Gas-/Luftgemisch.

Das Gas-/Luftgemisch in der Brennkammer 100 wurde beim Anpreßvorgang durch die Verschiebung des Kolbens 60 mit Stößel 5 leicht komprimiert. Dieses

Hauptkammerngemisch kann sich jedoch über das Einlaßventil 7 entlasten, das durch den Anpreßhub über einen mit dem Betätigungsstift 16 verbundenen Hebestift 18, eine Feder 19 und den Hebel 8 innerhalb des Spiels der Raste 10 leicht geöffnet wird. Der Kolben 60 steht jetzt in einer durch den Anpreßhub Δs bestimmten Anpreß-Hubposition 62 (AHP).

Durch den Anpreßhub Δs des Nagelmagazins 1 wird gleichzeitig ein Setzelement 20 aus einem Magazinstreifen 21 durch eine scharfe Schneide 22 der Stoßelführung 23 ausgestanzt und in die Stoßelführung 23 hineingestoßen. Am Ende des Anpreßhubwegs wird der Mitnehmer 24 durch ein Blattfederelement 26 nach rechts gedrückt, sobald ein Abzug 27 betätigt wird. Dadurch springt der durch eine Feder 53 vorbelastete Bolzen 25 in seine Ausgangslage, so daß er durch den folgenden Setzvorgang durch den nach unten fahrenden Kolben 60 nicht beschädigt werden kann. Der Kolben 60 bleibt noch in der Anpreß-Hubposition 62 aufgrund der Haftreibung zwischen dem Kolbendichtring (nicht gezeigt) und der Wandung des Brennkammerzylinders 15.

Mit dem Abzug 27 wird durch einen Nocken 54 ein Hebelarm 28a eines Piezoquartz-Zünders 28 betätigt. Über einen Kontakt 29a wird in einer Zündkerze 29 ein Funken ausgelöst, der das Gas-/Luftgemisch in der Vorkammer, nämlich zunächst in der dritten Teilkammer 70₃ zündet, wodurch die Vorkammervverbrennung ausgelöst wird. Die Flammenfront bewegt sich in der dritten Teilkammer 70₃ zunächst laminar in Richtung des Überströmschlitzes 72 in der Zwischenplatte 12 und wandert dann umgelenkt und beschleunigt durch die zweite Teilkammer 70₂ zu einer Überströmbohrung 30. Der jetzt sehr turbulente Flammenstrahl entzündet das Gas-/Luftgemisch in der ersten Teilkammer 70₁ in deren gesamten Raum fast gleichzeitig, wodurch eine sehr schnelle Verbrennung abläuft.

Mit dem Abzug 27 wird gleichzeitig über einen verschiebbaren Hebel 31 ein in der Gasdose 33 integriertes Dosierventil 32 für Flüssiggas betätigt. Dabei wird der Speicher- und Verdampferraum 14 mit dem gasförmigen Brenngas gefüllt. Die Abwärme der Vorkammervverbrennung wird dabei als Verdampfungswärme genutzt so daß auch bei hoher Setzfrequenz genügend Gasdruck für die anschließende gasförmige Dosierung vorhanden ist.

Diese Ausnutzung der Verdampfungswärme der Vorkammervverbrennung wird dadurch optimiert, daß die der Stirnwand der Gasdose 33 gegenüberstehende Wandfläche des Verdampferraums 14 durch einen Wandabschnitt des Vorkammerzylinders 71 gebildet ist.

Der durch die schnelle Verbrennung, insbesondere in der ersten Teilkammer 70₁ der Vorkammer entstandene Druckimpuls beschleunigt nun den Kolben 60 samt Stoßel 5 in Richtung zum oberen Totpunkt 63 (OTP). Dabei wird das in der Brennkammer 100 enthaltene Gas-/Luftgemisch stark verdichtet und durch turbulenz erzeugende Einbauten wie Quetschkanten 55 und darin vorgesehene Verwirbelungsbohrungen homogen vermischt. Während des Verdichtungshubs auf dem Weg zum oberen Totpunkt 63 durchfährt der Kolben 60 mit hoher Geschwindigkeit ein durch einen außen angeordneten Permanentmagneten 56 aufgebautes Magnetfeld. Aufgrund seiner Weicheisenbestandteile ändert der am feststehenden Permanentmagneten 56 vorbei bewegte Kolben dessen Magnetfeld, wodurch in einer Zündspule 57 ein Induktionsstrom erzeugt wird, der beim Erreichen der Durchbruchspannung an den Elektroden einer Zündkerze 34 einen Funken überspringen läßt.

Mit diesem Zündfunken wird das verdichtete Gas-/Luftgemisch in der Brennkammer 100 gezündet. Der hohe Turbulenzgrad und die kleinen freien Weglängen der Moleküle im verdichteten Gas-/Luftgemisch erbringen für die Hauptkammervverbrennung eine sehr schnelle Verbrennung mit hohem Wirkungsgrad. Der impulsartige Druckaufbau beschleunigt den Kolben 60 und damit den Stoßel 5 in Richtung UTP 61 bis er durch eine mit elastischem ein Material ausgefütterte konische Kolbenbremse 58 still gesetzt wird. Durch diesen Arbeitshub wird das Setzelement (Nagel) 20 mit hoher Geschwindigkeit in den Untergrund eingetrieben.

Damit der Kolben 60 während des Arbeitshubs nicht gegen die Verbrennungsgase der Vorkammervverbrennung Arbeit leisten muß, ist die Ventilhülse 6 jetzt entgegen der Wirkung der Druckfeder 37 nach oben verschoben. Die erforderliche Verschiebekraft wird durch den Kompressions- und sofort anschließenden Verbrennungsdruck über die Verbindungsbohrung 35 in der Wand des Brennkammerzylinders 15 auf die Differenzdruckfläche 36 bewirkt, d. h. auf vorzugsweise quer zur (vertikalen) axialen Wirkungsrichtung der Druckfeder 37 stehende Flächenabschnitte einer Ringkammer (oder Teilringkammer) 83, die zwischen den beiden abgedichteten Führungen 88₁, 88₂ am oberen Randbereich der Ventilhülse 6 durch einen Abstand zur Außenwand des Brennkammerzylinders ausgebildet ist. Durch die resultierende Kraft wird die Ventilhülse 6 gegen die Druckfeder 37 angehoben, wodurch die Abblasöffnungen 38 freigegeben werden, so daß die Abgase in eine Auspuffkammer 39 und damit an einer geeigneten Stelle über eine Bohrung 82 im Gehäuse des Geräts 2 entweichen können.

Mit dem Anheben der Ventilhülse 6 wird gleichzeitig über einen Bügel 40 die Klinke 10 entgegen der Wirkung einer Druckfeder 65 verdreht und der Hebelarm 8 gelöst.

Sobald der Stoßel 5 das Setzelement 20 eingetrieben und die Abblasöffnungen 38 überfahren hat, werden sich die Abgase der Hauptkammervverbrennung sehr schnell entspannen. Eine Feder 19 öffnet über den Hebel 8 nach Überschreiten des Kräftegleichgewichts ($\text{Federkraft} \times \text{Ventilfläche} \times \text{Brennkammerdruck} > 0 \text{ [N]}$) das Einlaßventil 7, wodurch die Hauptkammerspülung eingeleitet wird.

Durch eine strömungsgünstige Gestaltung des (Luft-)Einlaßventils 7 wird zusätzlich eine erwünschte rasche Ventilöffnung sichergestellt, sobald die Druckkraft auf das Einlaßventil 7 aufgrund der Entspannung der Brenngase die Federkraft der Feder 19 unterschreitet. Dabei ist es von besonderem Vorteil, wenn das Einlaßventil 7 ringförmig und symmetrisch zur Achse der Brennkammer 100 öffnet, wodurch eine kolbenartige Frischluftströmung entsteht, welche die Abgase vorwärts schiebt, die dann rasch über die Abblasöffnungen 38 ausströmen, was zusätzlich eine effiziente Spülung bewirkt.

Infolge des Rückstoßimpulses hebt sich das Arbeitsgerät 2 nach dem Eintreibvorgang vom Untergrund ab. Die Anpreßfeder 3 schiebt den Anpreßstift 16 nach unten und die Rücklaufsperr 4 wird wieder aktiviert, wodurch der Stoßel 5 mit Kolben 60 durch Reibwirkung in der unteren Totpunktposition (UTP) 61 gehalten wird. Damit ist auch sichergestellt, daß die Abblasöffnungen 38 offen bleiben bis die Druckfeder 37 die Ventilhülse 6 aufgrund des über die Verbindungsbohrung 35 an der Differenzdruckfläche 36 nun abfallenden Drucks wieder über die Abblasöffnungen 38 schiebt.

Auch das Einlaßventil 7 bleibt durch die Kraft der

Feder 19 so lange offen, bis das Setzgerät 2 und das Magazin 1 auseinandergefahren sind.

Der Spülvorgang im Hauptzylinder 15 ist durch das angewandte gasdynamische Spülprinzip auf der Basis der trägen Gasmassen oder des Saugwelleneffekts im wesentlichen innerhalb von 50 ms abgeschlossen. Bedingt durch die größere Trägheit der Masse des Einlaßventils 7 und der Ventilhülse 6 bleiben die Ein- und Auslaßöffnungen während dieser Zeit mit Sicherheit offen. Dies gilt auch dann, wenn zur Verstärkung des Spülgrads zusätzlich ein Injektionseffekt genutzt wird. In letzterem Fall ist die Spülung ebenfalls innerhalb von 100 ms abgeschlossen. Dieser Injektionseffekt wird erreicht über eine vorzugsweise kreisringförmige Injektionskammer 84 oberhalb des Einlaßventils 7, deren innen liegende Wandabschnitte gleichzeitig als Ventil Sitz für das Einlaßventil 7 dienen können. Die ringförmige Injektionskammer 84 ist über mindestens eine, vorzugsweise mehrere Durchgangsbohrungen 85 mit der Brennkammer 100 verbunden. Die Durchgangsbohrung(en) 85 ist (sind) mit (einem) beispielsweise tellerartig gestalteten Rückschlagventil(en) 86 versehen. Das oder die tellerartige(n) Rückschlagventil(e) 86 weisen eine kleine Injektionsbohrung 87 auf. Die Funktion der Injektionskammer 84 ist folgende:

Durch den starken Druckanstieg in der Brennkammer 100 bei Zündung des komprimierten Gas-/Luftgemischs überträgt sich das aufgebaute Druckpotential über den oder die Durchgangsbohrungen 85 in die Injektionskammer 84. Nach der Zündung und der Entspannung der Abgase in der Brennkammer 100 nach erfolgten Arbeitshub wird der Druck in der Injektionskammer 84 den Druck in der Brennkammer 100 übersteigen, so daß das Rückschlagventil 86 schließt. Durch die enge düsenartige Injektionsbohrung 87 wird jetzt ein Injektionsstrahl hoher Geschwindigkeit in die Brennkammer 100 injiziert, wodurch eine zusätzliche dynamische Spülvirkung erzielt wird, die den erwähnten Saugwelleneffekt vorteilhaft ergänzt.

Mit dem Entlasten des Arbeitsgeräts 2 beziehungsweise dem Auseinanderschieben von Setzgerät 2 und Magazin 1 durch die Anpreßfeder 3 werden durch die Druckfeder 41 der Vorkammerkolben 11 und die Zwischenplatte 12 zusammengeschoben, wobei die in der Vorkammer, insbesondere der zweiten und dritten Teilkammer 70₂, 70₃ enthaltenen Restgase über eine Lippendichtung 42 in der unteren feststehenden Stirnwand 73 des Vorkammerzylinders 71 ausgestoßen werden. Damit ist auch die Vorkammerspülung abgeschlossen.

Der beim vorhergehenden Dosiervorgang für die Vorkammer 70 ausgepreßte (Dosier-)Balg 13 verbleibt beim Ausstoßen der Restgase aus dem Brennraum der Vorkammer 70 in seiner Auspreßposition auf der Oberseite des Vorkammerkolbens 11, mit dem er fest verbunden ist. Sobald der Vorkammerkolben 11 wiederum die zusammengeschobene Ausgangs- und Endposition (strichliert eingezeichnet) erreicht hat, öffnet er durch Verschieben einer Betätigungsklinke 43 nach unten das als erstes Ventil bezeichnete Gaseinlaßventil 77, wodurch der seit der Betätigung des Abzugs 27 unter Gasdruck stehende Verdampferraum 14 geöffnet wird. Das Brenngas tritt jetzt über einen Schlauch 44 und das vierte Ventil 78, das ebenfalls als Rückschlagventil ausgebildet ist, in den Innenraum des Balgs 13 aus. Dabei wird der Balg 13 aufgeblasen, bis er an einem mit dem Gerätegehäuse verbundenen Anschlag 45 ansteht. Das im Balg 13 eingebaute zweite Ventil 46, ebenfalls ein

Rückschlagventil, wird durch ein durch eine Blattfeder 79 verschiebbaren Bolzen 80 dadurch gesteuert, daß in der zusammengeschobenen Position von Vorkammerkolben 11 und Zwischenplatte 12 die Blattfeder 79 auf den Bolzen 80 wirkt, wobei aufgrund des größeren Durchmessers des Bolzens 80 das Rückschlagventil 46 beaufschlagt wird. Das Brenngas kann jetzt über eine Verbindungsleitung 47 in die Brennkammer 100 des Hauptzylinders 15 eindringen und sich auf Umgebungsdruck entlasten. Die Brennstoffdosierung für den Hauptzylinder 15 ist damit abgeschlossen.

Nachdem das Setzgerät 2 und das Magazin 1 die auseinandergeschobene Endposition erreicht haben, schiebt eine Rollfeder 48 über eine Vorschubklinke 49 den Magazinstreifen 21 bis zum Anschlag in die Schlagposition innerhalb der Führung des Stößels 5.

Mit der automatischen Nachführung des Setzelements 20 ist ein vollständiger Arbeitszyklus abgeschlossen. Das Setzgerät ist für einen weiteren Eintreibvorgang vorbereitet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur wesentlichen Verbesserung der Spülung des gesamten Brennraums innerhalb des Hauptzylinders 15 kommt mit vergleichsweise sehr einfachen Mitteln aus, nämlich mit im wesentlichen einer Ventilhülse 6 und einem strömungsgünstigen Luteinlaßventil 7, die durch den in der Brennkammer 100 sich verändernden Druck gesteuert werden. Der dadurch erreichte dynamische Spüleffekt wird noch verstärkt durch eine ergänzende Injektionsspülung, die nach dem Prinzip einer Wasserstrahlpumpe bzw. eines Bunsenbrenners wirkt. Aufgrund der Erfindung wird der Wirkungsgrad eines brennkraftbetriebenen Freikolbenmotors, wie er insbesondere für Setzgeräte in der beschriebenen Art verwendet wird, wesentlich erhöht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur dynamischen Spülung der Brennkammer (100) eines Freikolbenmotors, gekennzeichnet durch

- eine den Brennkammerzylinder (15) umgebende axial verschiebbliche Ventilhülse (6), die in einer Schließstellung eine Mehrzahl von oberhalb des unteren Totpunkts (61) des Arbeitskolbens (60) vorhandene, die Zylinderwand durchsetzende Abblasöffnungen (38) für Rauchgase überdeckt,
- eine auf die Ventilhülse (6) wirkende und diese in ihre Schließstellung drückende Kraftquelle (37) und durch
- eine Einrichtung (35, 36, 83, 88₁, 88₂, 89), welche die Ventilhülse (6) im Verlauf eines Verbrennungsprozesses in der Brennkammer (100) so weit verschiebt, daß die Abblasöffnungen (38) frei sind und diese Offenstellung der Ventilhülse (6) mindestens so lange hält, bis der Arbeitskolben (60) beim Arbeitshub die Abblasöffnungen (38) überfahren und sich aufgrund des in der Brennkammer (100) entstandenen Druckabfalls ein Luft-Einlaßventil (7) geöffnet hat und ein dadurch bewirkter Saugwellenspülvorgang der Brennkammer (100) abgeschlossen ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventilhülse (6) durch eine Druckfeder (37) in ihre Schließstellung gedrückt wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch

gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Verschiebung der Ventilhülse (6) aus einer zwischen der Ventilhülse (6) und der Brennkammerzylinderaußenwand gebildeten, abgedichteten Ringkammer (83) oder Teilringkammer besteht, die über eine Verbindungsbohrung (35) durch die Zylinderwand mit der Brennkammer (100) in Verbindung steht, so daß der bei Zündung eines Gas-Luftgemischs in der Brennkammer (100) entstehende Druck zumindest zum Teil in die Ringkammer oder Teilringkammer übertragen wird, und daß die zur auf die Ventilhülse in deren Schließstellung wirkende Verschiebekraft schräg oder quer liegenden Differenzkraft-Flächenabschnitte (36) der Ring- oder Teilringkammer (83) so bemessen sind, daß die aufgrund des Verbrennungsdrucks in der Ring- oder Teilringkammer (83) aufgebaute Druckkraft die Ventilhülse (6) entgegen der Wirkung der Kraftquelle verschiebt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Differenzkraft-Flächenabschnitte (36) und die Verbindungsbohrung (35) so bemessen sind, daß ein Abbau des Druckpotentials in der Ring- oder Teilringkammer (83), bis die durch die Kraftquelle ausgeübte Verstellkraft die in der Ring- oder Teilringkammer (83) aufgebaute Druckkraft wieder übersteigt und die Ventilhülse (6) in Schließstellung verschiebt, verzögert erfolgt, bis die Saugwellenspülung der Brennkammer (100) abgeschlossen und ausreichend Frischluft für einen nachfolgenden Verbrennungsprozeß in die Brennkammer (100) über das Luft-Einlaßventil (7) eingeströmt ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ringkammer oder Teilringkammer (83) und deren Differenzkraft-Flächenabschnitte (36) sowie die Verbindungsbohrung (35) so bemessen sind, daß sich eine Offenzeit für die Ventilhülse (6) von 30 bis 100 ms ergibt.

6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abblasöffnungen (38) im unteren Totpunktbereich des Arbeitskolbens (60) jedoch knapp oberhalb der der Brennkammer (100) zugewandten (oberen) Fläche des im unteren Totpunkt (61) stehenden Arbeitskolbens angeordnet sind, so daß aus einer Vorkammerverbrennung während eines Kompressionshubs resultierende Rauchgase durch den Arbeitskolben (60) während des Arbeitshubs über die Abblasöffnungen (38) ausgestoßen werden.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsbohrung (35) oberhalb des in oberer Totpunktposition stehenden Arbeitskolbens (60) angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine im Bereich des Luft-Einlaßventils (7) angeordnete Injektionskammer (84), die über mindestens eine mit einem Rückschlagventil (86) versehene Durchgangsbohrung (85) mit der Brennkammer (100) in Verbindung steht, so daß das aufgrund des Verbrennungsprozesses entstehende Druckpotential in die Injektionskammer (84) übertragen wird, und daß die Injektionskammer (84) außerdem über eine düsenartige enge Injektionsbohrung (87) bei gesperrtem Rückschlagventil (86) mit der Brennkammer (100) in Verbindung steht.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftquelle und die Einrichtung

zur Verschiebung der Ventilhülse (6) elektromagnetische Einrichtungen sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die innen liegenden Wandabschnitte der Injektionskammer (84) zugleich als Ventilsitz für das Einlaßventil (7) gestaltet sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

